

Beschreibung

PTO/PGT Rec'd 31 JUL 2001

Verfahren zum Verkleben großflächiger Werkstücke mit gegenläufigem Ausdehnungskoeffizienten und damit hergestellter  
5 Verbund

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verklebung großflächiger Teile mit gegenläufigem Ausdehnungskoeffizienten, wie z.B. die Verklebung eines Vacodymelements auf einem Eisenpol  
10 für einen Permasynmotor in einem Schiffsantrieb, und einen damit hergestellten Verbund.

Bekannt ist aus der DE 19538468.7 A1 ein Verfahren zum Verkleben von Magnetteilen mit einem Siliconklebstoff auf  
15 Epoxidbasis, einem sog. dual cure (UV- und thermisch härtbaren) Siliconklebstoff. Dieses Verfahren eignet sich jedoch nicht für die dauerhafte Verklebung von bestimmten großflächigen Werkstücken, wie z.B. Vacodym auf Eisenpolen, weil das thermisch-mechanische Eigenschaftsniveau des Siliconklebstoffes nicht den gegenläufigen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der zu verklebenden Elemente angepaßt ist. Insbesondere  
20 reicht die Elastizität der damit hergestellten Fügeverbindung den extremen Anforderungen zweier verklebter Werkstücke mit gegenläufigem thermischen Ausdehnungskoeffizient, die in einem Temperaturbereich von -30°C bis 150°C eingesetzt werden, nicht aus. Gedacht ist an den Einsatz eines Permasynmotors im angegebenen Temperaturbereich, wobei sich z.B.  
25 thermisch bedingte Längenänderungsunterschiede zwischen zwei geklebten Werkstücken von bis zu einigen hundert µm ergeben, die die Elastizität der Klebestelle oder Fügeverbindung zulassen muß.  
30

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Verkleben zur Verfügung zu stellen, bei dem ausreichende Elastizität über einen weiten Temperaturbereich bei  
35 gleichzeitig guter Haftung auf magnetischen Teilen gewährleistet ist. Außerdem ist es Aufgabe der Erfindung einen Verbund

aus großflächigen Werkstücken mit gegenläufigem Ausdehnungskoeffizienten, der über einen weiten Temperaturbereich stabil bleibt, zu schaffen.

- 5 Diese Aufgabe wird durch die Verwendung eines additionsvernetzenden Siliconklebstoffs zum thermisch stabilen Verkleben von großflächigen Werkstücken mit gegenläufigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten gelöst. Weiterhin ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zum thermisch stabilen Verkleben
- 10 zweier Werkstücke mit gegenläufigem thermischen Ausdehnungskoeffizienten, folgende Arbeitsschritte umfassend:
- Aufbringen eines additionsvernetzenden Siliconklebstoffs auf eines der Werkstücke
  - Zusammenfügen der beiden Werkstücke, unter leichtem Druck,
  - 15 so daß die Werkstücke auf den gewünschten Abstand kommen und
  - Härtung der Klebeverbindung

Schließlich ist Gegenstand der Erfindung ein Verbund aus zwei Werkstücken mit gegenläufigem thermischen Ausdehnungskoeffi-

20 zienten, die durch einen additionsvernetzenden Siliconklebstoff elastisch und im Temperaturbereich zwischen  $-30^{\circ}\text{C}$  und  $150^{\circ}\text{C}$  stabil verbunden sind.

Durch die Verwendung des Siliconklebstoffs wird eine hochelastische Klebeverbindung mit einer sehr guten Haftung auf einem magnetischen Werkstück erzielt, die über einen weiten Temperaturbereich stabil ist.

25

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform wird eine pyrogene Kieselsäure, z.B. Aerosil, in einer Menge von 0,1 bis 20 Gew%, bevorzugt von 0,5 bis 10 Gew% oder besonders bevorzugt von 2 bis 5 Gew%, die Gew% jeweils bezogen auf die gesamte Siliconklebstoffmasse, in den Siliconklebstoff eingearbeitet. Dadurch wird das Benetzungsverhalten des Siliconklebstoffs

30

35 positiv beeinflußt.

Bevorzugt wird als Siliconklebstoff ein einkomponentiger und/oder ein selbsthaftender Siliconklebstoff eingesetzt. Besonders bevorzugt ist die Verwendung des Siliconklebstoffs Q3-6611 der Herstellerfirma Dow-Corning.

5

Vorteilhafterweise wird der Siliconklebstoff nur auf einem der zu verbindenden Werkstücke aufgetragen. Auf welchem Werkstück er aufgetragen wird spielt keine Rolle. Besonders vorteilhaft hat sich die Auftragung des Siliconklebstoffs in einer Schichtdicke von 10-500µm, bevorzugt von 70-150µm und insbesondere bevorzugt von 100 bis 125µm erwiesen.

10

Der Siliconklebstoff wird auf das Werkstück z.B. aufgerakelt oder mittels Dispensertechnik aufgebracht.

15

Zur Einstellung eines definierten Fügespalt es hat sich die Zugabe von Abstandshaltern wie z.B. Glaskugeln als vorteilhaft erwiesen. Ganz besonders praktisch ist dabei die Verwendung von Glaskugeln mit einem Durchmesser, der der angestrebten Größe des Fügespalt es entspricht. Beispielsweise kann mit der Zugabe von Glas- und/oder Keramikkugeln mit einem Durchmesser von 100-125µm eine Schichtdicke der Siliconklebstoffschicht und ein Fügespalt von dieser Größenordnung hergestellt werden.

20

25

Die Glas- und/oder Keramikkugeln werden in den Siliconklebstoff vor dessen Aufbringung auf eines der Werkstücke eingearbeitet oder auf das fertig aufgebraachte Siliconklebstoffbett auf dem Werkstück während der Fügeoffenzeit aufgestreut.

30

35

Der Anteil von Abstandshaltern im Siliconklebstoff beträgt vorteilhafterweise 0,5 bis 5 Gew%. Als besonders vorteilhaft hat sich ein Anteil von 0,75 bis 3 und insbesondere von ca. 1 Gew%, bezogen auf die gesamte Siliconklebstoffmasse, erwiesen.

Nach dem Zusammenfügen der beiden Werkstücke wird der Siliconklebstoff anschließend bei einer Temperatur  $<170^{\circ}\text{C}$  gehärtet. Nach einer bevorzugten Ausführungsform wird er bei  $150^{\circ}\text{C}$  gehärtet.

5

Das Klebeverfahren eignet sich für die Verbindung einer Vielzahl unterschiedlichster Elemente. Insbesondere die Verklebung eines Dauermagnetelements mit einem ferromagnetischen Material, wie z.B. einem Eisenpol in einer elektrischen Maschine, ist ein Einsatzgebiet der Erfindung. Aber auch auf Glas, Kunststoff, Keramik und Metall wird eine hohe Haftfestigkeit erzielt. Es wird z.B. bei einem Stahl-Vacodym-Verbund eine Scherfestigkeit von über  $5,7 \text{ N/mm}^2$  gemessen.

10

15 Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird ein Verbund aus einem Eisenpol und einem Magnetwerkstoff, wie z.B. einem pulvermetallurgisch hergestellten Selten-Erd-Dauermagnetwerkstoff („VACODYM“) mit einer Klebefläche von über  $1000 \text{ mm}^2$  gebildet. Die Schwierigkeit der Klebeaufgabe liegt darin, die  
20 großflächigen Fügepartner mit sehr unterschiedlichem thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu verbinden:

Vacodym	$-1 \times 10^{-6}/\text{K}$ in der Fügeebene
Eisen	$14,5 \times 10^{-6}/\text{K}$ in der Fügeebene

25

Das bedeutet, daß der Siliconklebstoff im Einsatztemperaturbereich Längenänderungen bezogen auf die Abmessungen der Magnetteile von einigen  $100 \mu\text{m}$  ausgleichen muß. Bei ungenügender Elastizität treten Spannungen in der Klebeverbindung auf, die zu Festigkeitsverlusten und vorzeitigem Ausfall der Fügeverbindung führen. Dies haben Scherfestigkeitsuntersuchungen an Fügeverbindungen, insbesondere nach Temperaturwechselbeanspruchung, bestätigt.

30

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Ausführungsform  
35 des Verfahrens näher erläutert:

Zunächst wird das Siliconklebstoffbett auf einem der Werkstücke hergestellt. Dazu wird auf ein Werkstück eine Schicht Siliconklebstoff mit einer Schichtdicke von 100-125µm aufgerakelt. Da es sich bei dem Siliconklebstoff bevorzugt um einen selbsthaftenden, d.h. mit einem internen Haftvermittler ausgestatteten Siliconklebstoff handelt, ist ein vorgeschaltetes Primern der Fügeoberfläche nicht erforderlich. Nach der üblichen Entfettung der Substratoberfläche, z.B. mit einem Lösungsmittel, kann der Siliconklebstoff direkt auf das Werkstück aufgerakelt werden. Durch Zugabe pyrogener Kieselsäure läßt sich bei Bedarf das Benetzungsverhalten weiter verbessern. Auf das fertige Siliconklebstoffbett werden dann Glaskugeln mit einem Durchmesser von 100 - 125 µm in einer Menge von ca 1 Gew%, bezogen auf die gesamte Siliconklebstoffmasse, gestreut. Auf diese Schicht wird dann das zweite Werkstück auf Abstand gefügt. Die Endfestigkeit des Verbundes wird durch eine 2-stündige Härtung des Siliconklebstoffs bei ca 150°C erreicht.

Ein so hergestellter Verbund wurde einer Scherfestigkeitsuntersuchung im Einsatz unterzogen. Die Scherfestigkeit lag im Ausgangszustand und auch nach 5-tägiger Auslagerung bei 150°C über 5,7N/mm<sup>2</sup>, unabhängig davon, ob bei Raumtemperatur oder bei 150°C gemessen wurde.

Der additionsvernetzende Siliconklebstoff auf Siliconharzbasis spaltet bei seiner Vernetzung kein Nebenprodukt ab. Der damit hergestellte Verbund erfüllt die Haftungsanforderung >1N/mm<sup>2</sup> bei 150°C und genügt hinsichtlich thermischer Beständigkeit der Anforderung die an einen damit hergestellten Permasynmotor im Schiffsantrieb gestellt wird.

Der Verbund ist im vernetzten Zustand nahezu frei von mechanischen Spannungen und liefert über den gesamten Temperaturbereich von -30°C bis 150°C die geforderte Festigkeit, weil der bevorzugt eingesetzte Siliconklebstoff Q3-6611 von Dow Corning bei Temperaturen <170°C, insbesondere auch bei 150°C

zu einem Elastomer mit hoher Dehnung (250%) und hoher Weiter-  
reißfestigkeit vernetzt.

## Patentansprüche

1. Verwendung eines additionsvernetzenden Siliconklebstoffs  
zum thermisch stabilen Verkleben von großflächigen Werk-  
5 stücken mit gegenläufigem thermischen Ausdehnungskoeffizien-  
enten.
2. Verfahren zum thermisch stabilen Verkleben großflächiger  
Werkstücke mit gegenläufigem thermischen Ausdehnungskoeffizien-  
10 enten, folgende Arbeitsschritte umfassend:
  - Aufbringen eines additionsvernetzenden Siliconklebstoffs  
auf eines der Werkstücke
  - Zusammenfügen der beiden Werkstücke, so daß die Werkstücke  
auf den gewünschten Abstand kommen und
  - 15 - Härtung der Klebeverbindung.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Siliconklebstoff  
einkomponentig und/oder selbstaftend ist.
- 20 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem dem  
Siliconklebstoff pyrogene Kieselsäure zugesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem der  
Siliconklebstoff in einer Schichtdicke von 70-150µm aufgetra-  
25 gen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, das zur Monta-  
ge elektrischer Maschinen eingesetzt wird.
- 30 7. Verbund aus zwei massiven Werkstücken mit gegenläufigem  
thermischen Ausdehnungskoeffizienten, die durch einen addi-  
tionsvernetzenden Siliconklebstoff elastisch und im Tempe-  
raturbereich zwischen -30°C und 150°C stabil verbunden  
sind.

8. Verbund aus zwei Werkstücken, bei dem das eine Werkstück ein Selten-Erd-Dauermagnet und das andere Werkstück aus ferromagnetischem Material ist.

## Zusammenfassung

Verfahren zum Verkleben großflächiger Werkstücke mit gegenläufigem Ausdehnungskoeffizienten und damit hergestellter  
5 Verbund

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur stabilen Verklebung großflächiger Teile mit gegenläufigem Ausdehnungskoeffizienten und einen damit hergestellten Verbund wie z.B. die Verklebung eines Dauermagnetelements mit einem ferromagnetischen  
10 Material bei einem Eisenpol in einer elektrischen Maschine. Der Verbund ist temperaturstabil, spannungsarm und widersteht auch bei hohen Temperaturen hohen Scherkräften bis zu  
15  $5,7\text{N/mm}^2$ . Er ist für den Einsatz bei Permasynmotoren im Schiffsantrieb konzipiert.